

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 8月23日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-243215

[ST.10/C]:

[JP 2002-243215]

出 願 人

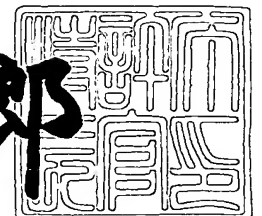
Applicant(s):

株式会社山武

2003年 7月 4日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3053443

【書類名】 特許願

【整理番号】 20020175

【提出日】 平成14年 8月23日

【特記事項】 特許法第30条第1項の規定の適用を受けようとする特許出願

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 B01F 5/00

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都渋谷区渋谷2丁目12番19号 株式会社山武内

 【氏名】 本田 宣昭

【発明者】

 【住所又は居所】 京都府京都市左京区岩倉南三宅町57-1

 【氏名】 前 一廣

【特許出願人】

 【識別番号】 000006666

 【氏名又は名称】 株式会社山武

【代理人】

 【識別番号】 100090022

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 長門 侃二

 【電話番号】 03-3459-7521

【選任した代理人】

 【識別番号】 100116447

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 山中 純一

 【電話番号】 03-3459-7521

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 007537

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 マイクロ乳化器および乳化方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数のインレットおよび 1 つのアウトレットと、

これらのインレットとアウトレットとの間に多段に設けられて前記各インレットからそれぞれ導入された流体を順次混合して前記アウトレットに導く複数のチャンネルとを具備し、

前記各チャンネルは、前記インレット側からアウトレット側に向けて各段毎の実効流路断面積を順次狭くした流路構造をなすことを特徴とするマイクロ乳化器。

【請求項 2】 前記各チャンネルは、略一定の流路断面積の流路を形成したものからなり、各段毎に設けられるチャンネルの数をインレット側からアウトレット側に向けて順に少なくすることで、各段の実効流路断面積を順次狭くした流路を生成するものである請求項 1 に記載のマイクロ乳化器。

【請求項 3】 前記各チャンネルは、流体の流れを分割する分割機構、流体の複数の流れを合流させる合流機構、および流体の並びの向きを転換する転換機構を所定の順序でそれぞれ形成したものである請求項 1 に記載のマイクロ乳化器。

【請求項 4】 前記各チャンネルは、流路幅や流路深さを規定する代表長を $100 \sim 500 \mu\text{m}$ とする流体流路を形成したものである請求項 2 に記載のマイクロ乳化器。

【請求項 5】 前記複数のチャンネルは、積層されて一体化される複数の薄板にそれぞれ穿設された透孔および／または溝の連なりとして形成されるものである請求項 1 に記載のマイクロ乳化器。

【請求項 6】 複数のインレットからそれぞれ導入された複数種の流体を、多段に設けられたチャンネルを介して順次混合して上記流体を乳化させたエマルジョンを生成するに際し、

前記各段における流体の混合を、複数種の流体を互いに分散させて各流体間の界面積を増大させると共に、各流体にその剪断応力に起因する電荷を発生させながら行うことを特徴とする乳化方法。

【請求項 7】 前記各段における流体の混合は、前記流体間における界面積の増

大の度合い、および前記剪断応力に起因する電荷発生の度合いを、前記各段毎に順次増大させて行われるものである請求項 6 に記載の乳化方法。

【請求項 8】 前記流体の分散は、流体の分割、合流、流れの転換、および慣性力による混合により進められるものである請求項 6 に記載の乳化方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、粒径の揃った高品質なエマルジョンを量産性良く生成するに好適なマイクロ乳化器および乳化方法に関する。

【0 0 0 2】

【関連する背景技術】

水と油のような不混和流体を混合させたエマルジョンは、例えば化学工学会第 6 7 年会の論文 C 2 1 6 『長短辺比およびサイズの異なる長形状貫通型マイクロチャネルを用いたエマルジョン作成』に紹介されるように、貫通型のマイクロチャネル（微小な流体通路）を介して連続相（水）中に分散相（油）を圧入することにより作成される。しかしこの手法においては界面活性剤を用いる必要がある。しかもマイクロチャネルの幅が $10\ \mu\text{m}$ 程度と細いので分散相中のパーティクルによる目詰まりが生じ易く、更にはエマルジョンの量産性に乏しいと言う不具合がある。

【0 0 0 3】

一方、界面活性剤を用いることなくエマルジョンを作成し得るものとして、I MM (Institut Fur Mikrotechnik Mainz) 社のマイクロミキサがある。このマイクロミキサは、L I G A (Lithographic Galvanaformung Abformung's) プロセスと言う微細加工技術を利用して $25\sim40\ \mu\text{m}$ 程度のマイクロチャネルを形成した構造のものからなる。しかしながらこのマイクロミキサにおいても、分散相中のパーティクル等によるマイクロチャネルの目詰まりが生じ易いと言う問題がある。しかも上記マイクロミキサにおいては水と油の等量混合によるエマルジョンを生成することが困難であり、エマルジョンを生成する上での混合比の範囲が狭いと言う大きな問題がある。更にはその圧損が比較的高いのでエマルジョン

の量産能力がさほど高くなく、工業的に利用するには問題がある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

このように従来のマイクロミキサ等においてはマイクロチャネルの目詰まりが生じ易く、エマルジョンを量産性良く生成する上で問題ある。しかも混合比の選択幅が比較的狭いので、所望とする混合比のエマルジョン、特に等量混合によるエマルジョンを生成することが困難であると言う大きな欠点がある。更にはマイクロミキサ自体、微細加工技術を用いてチャネル幅が $25 \sim 40 \mu\text{m}$ 程度のマイクロチャネルを形成する必要があるのでその製作コストが高く、工業的に利用するには問題がある。

【0005】

本発明はこのような事情を考慮してなされたもので、その目的は、界面活性剤を用いることなく、またマイクロチャネルの目詰まりを招来することなしに所望とする混合比での高品質なエマルジョンを量産性良く生成するに好適なマイクロ乳化器および乳化方法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】

上述した目的を達成するべく本発明に係るマイクロ乳化器は、複数のインレットおよび1つのアウトレット、これらのインレットとアウトレットとの間に多段に設けられて前記各インレットからそれぞれ導入された流体を順次混合して前記アウトレットに導く複数のチャネルを具備したものであって、特に上記各チャネルがそれぞれ形成する各段の流路の実効流路断面積が前記インレット側からアウトレット側に向けて順次狭くなるようにしたことを特徴としている。

【0007】

即ち、本発明に係るマイクロ乳化器は、インレット側からアウトレット側に向けて流体が流れていくに従って、マイクロチャネル（微小な流体流路）の壁面との接触に伴う流体の剪断速度が大きくなるように、多段に構成されたマイクロチャネルの各段における実効流路断面積が次第に狭くなるようなチャネル構造とし、これによって流体の分散効果がアウトレット側において次第に大きくなるよう

にしたことを特徴としている。つまりマイクロチャネルを通流して混合される流体の流速、ひいては流体の剪断速度をインレット側からアウトレット側に向けて次第に速くしたこと特徴としている。

【0008】

尚、マイクロチャネルは、それ自体の流路断面積がインレット側からアウトレット側に向けて狭くなるものであっても良く、或いは略一定の流路断面積の流路を形成したものであって、各段毎に設けられるチャネルの数をインレット側からアウトレット側に向けて順に少なくし、これによって各段の実効流路断面積を順次狭くした流路を生成するものであっても良い。このように本発明においては流路の形態によらず、流路の断面積の実質的な有り様が要旨であるので、ここでは上述した流路の実質的な断面積を“実効断面積”と表現する。

【0009】

ちなみに前記各チャネルは、流体の流れを分割する分割機構、流体の複数の流れを合流させる合流機構、および流体の並びの向きを転換する転換機構を所定の順序で形成したものからなる。また各チャネルは、その流路幅や流路深さ等を規定する代表長を100～500 μ mとする流体流路を形成したものとして実現することが好ましい。また実用的にはこれらの各チャネルを、積層されて一体化される複数の薄板にそれぞれ穿設された透孔および／または溝の連なりとして形成することが好ましい。

【0010】

また本発明に係る乳化方法は、複数のインレットからそれぞれ導入された複数種の流体を、多段に設けられたチャネルを介して順次混合して上記流体を乳化させたエマルジョンを生成するに際し、前記各段における流体の混合を、複数種の流体を互いに分散させて各流体間の界面積を増大させると共に、各流体にその剪断応力に起因する電荷を発生させながら行うことを特徴としている。

【0011】

好ましくは多段に設けられたチャネルが形成する流路の前記各段における流体の混合は、前記流体間における界面積の増大の度合い、および前記剪断応力に起因する電荷発生の度合いを、前記各段毎に順次増大させて行われる。ちなみに前

記流体の分散については、流体の分割、合流、流れの転換、および慣性力による混合により進めることが好ましい。

【0012】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明に係るマイクロ乳化器について、その乳化方法と共に説明する。

この発明に係るマイクロ乳化器は、複数のインレット（流体導入口）と1つのアウトレット（流体排出口）とを備え、これらのインレットとアウトレットとの間を多段に形成した複数のチャネル、特に微小な流体流路をなすマイクロチャネルを介して連結した構造を有する。これらのマイクロチャネルは、流体の流れを分流・合流し、またその流れの層（領域）を転換する等して上記流体を混合する混合エレメントとしての機能を備えたものからなる。特に前記インレットとアウトレットとの間に複数のマイクロチャネルを多段に設けて構成される流路は、例えば図1および図2にそれぞれ示すように、各段における流路断面積がインレット側からアウトレット側に向けて順次狭くなるように設定されている。そしてインレットとアウトレットとを結ぶ流路を構成する各段のマイクロチャネルにおける流体の分散効果が、アウトレット側の段になるほど大きくなるように定められている。

【0013】

具体的には複数のマイクロチャネルにより多段に形成される流路の各段における流路断面積は、後段（アウトレット側）になるほど狭く設定されており、これによって各マイクロチャネルを流れる流体の流速が後段（アウトレット側）になるほど速くなるように設定されている。そして流速の変化に伴い、前記各段のマイクロチャネルにおける流体の混合が、各流体間の界面積を増大させながら、更には各流体にその剪断応力に起因する電荷を発生させながら進むように設定されている。特に界面積の増大の度合い、および前記剪断応力に起因する電荷発生の度合いが各段のマイクロチャネル毎に順次増大するように設定されている。

【0014】

尚、図1に示す流路は、概略的に同一形状で同一流路断面積を有する複数のマ

マイクロチャネルの数を各段毎に順に 1 個ずつ減らし、隣接するマイクロチャネルの出口（アウトレット）を相互に結合して次段のマイクロチャネルの入口（インレット）に連結しながら順次多段に連結することで、各段においてそれぞれ隣接するマイクロチャネルに流れる流体を順次合流（混合）していくようにしたものである。

【0015】

また図 2 に示す流路は、その流路（流路断面積）自体をテーパ状に絞り込んだマイクロチャネル内に、左向きまたは右向きに 180 度ねじった形の隔壁を、その向きを 90 度ずつずらしながら交互に配置した、いわゆるスタティックミキサを設けたものである。そして隔壁の両面を流れる流体の層を 180 度ねじることでその内側の流体の流れと外側の流体の流れとを転換させ、転換した流れを次段のスタティックミキサで分流し、今度は逆向きに 180 度ねじると言う処理を交互に繰り返すことで、上記流体の混合を進めるものである。特に上記スタティックミキサによる流体の混合を、その流速（流体剪断速度）を高めながら進めるようにしたものである。尚、図 2 に示すような混合エレメント（スタティックミキサ）を基本構造とし、複数個の混合エレメントをアレイ化してマイクロ乳化器を実現しても良いことは言うまでもない。

【0016】

ところで各段における複数のマイクロチャネルが平面的（2 次元）に配置されるような場合にも、同様にマイクロチャネルが形成する各段の流路断面積が各段毎に順に少なくなるようにその流路を形成すれば良い。例えば断面円形の複数のマイクロチャネルをそれぞれマトリックス配列して各段の流路を形成するような場合には、図 3 に示すようにその行列数をそれぞれ 1 個ずつ減らしながら、下層（上流）側のマイクロチャネルと、上層（下流）側のマイクロチャネルとを 2 次元的に連結して行くようにすれば良い。この場合には各マイクロチャネルを流れる流体は、基本的には 4 方向から合流すると共に、4 方向に分流しながら次段のマイクロチャネルに導かれて混合されることになる。

【0017】

また各段における流路が、複数のスリット状のマイクロチャネルを並行に設け

て形成されるような場合には、図 4 に例示するように上層（下流）側のスリット（マイクロチャネル）の本数を 1 本ずつ減らし、且つスリットの向きを 90 度ずつ異ならせながら、下層（上流）側のマイクロチャネルと、上層（下流）側のマイクロチャネルとを 2 次元的に連結して行くようにすれば良い。

【0018】

かくしてこのように多段に設けられたマイクロチャネルにより形成される流路の、各段の流路断面積がアウトレット側に向けて次第に小さくなるように設定されたマイクロ乳化器によれば、インレット側からアウトレット側へと流体が流れて行くに従い、流体とチャネル壁面との間に生じる流体剪断速度が次第に大きくなる。またインレット側からアウトレット側へと流体が流れて行くに従い、流体の分割作用や転換作用、更には転換作用や慣性力による混合作用が働き、流体間の分散が次第に効率的に進められる。特にアウトレット側になる程、前述したように流速が速くなるので、アウトレット側に進むにつれて慣性力による流体の分散効果が次第に大きくなる。

【0019】

するとインレット側からアウトレット側に流体が進むに従って上述した 2 つの効果が、異種の流体、特に水（W）と油（O）のような不混和流体（W/O）に強く作用し、不混和流体を混合したエマルジョンを効果的に生成することになる。具体的には剪断応力の発生に伴って流体間に摩擦が生じ、この摩擦に起因する電荷が発生する。するとその電荷が不混和流体の界面に蓄積され、ゼータ（ ζ ）電位が増大する。この電荷の蓄積可能な量は、当然のことながら不混和流体の界面積が大きい程大きくなる。

【0020】

ちなみに不混和流体の界面積が大きい反面、剪断応力のレベルが低い為に電荷の発生が不十分な場合、或いは逆に剪断応力のレベルが大きく、電荷の発生量が多くても、不混和流体の界面積が少ない場合には、電荷を十分に蓄積することができない。従ってこのような場合にはゼータ（ ζ ）電位が低くなり、流体の分散効果が十分に発揮されないことになる。

【0021】

この点、前述したマイクロ乳化器の構造によれば、剪断応力による電荷の発生と、分散の進行による界面積の増加とをバランス良く生起することができる。そしてマイクロチャネルを介する流体の流れがアウトレット側に近づくに従って、これらの効果を大きくすることができる。この結果、電荷の発生と分散とが無駄なく相乗作用するので、界面活性剤を用いることなくゼータ（ ζ ）電位が、例えば75 mV程度と大きいエマルジョンを、即ち、非常に良好に分散したエマルジョンを生成することが可能となる。

【0022】

図5(a)～(c)は、試作した上述した構造のマイクロ乳化器[YM-1]を用いて油（サラダ油）と水（蒸留水）とを混合して生成したエマルジョンと、IMM社のマイクロミキサ[IMM]を用いて生成したエマルジョンの顕微鏡写真を対比して示している。尚、図5(a)は油／水流量比（O/W）を（3／20）として上記[YM-1]を用いて生成されたエマルジョン、図5(b)は油／水流量比（O/W）を（20／20）として[YM-1]を用いて生成されたエマルジョン、そして図5(c)は油／水流量比（O/W）を（6／6）として[IMM]を用いて生成されたエマルジョンをそれぞれ示している。但し、油／水流量比（O/W）を示す、例えば（3／20）は、油を3 cm³/分、水を20 cm³/分でマイクロ乳化器（ミキサ）に供給して混合した条件を示している。

【0023】

この観察においては、油／水流量比が10%前後では径の小さなエマルジョンが安定に分散していた。また油と水とを等量混合した場合には、[YM-1]、[IMM]とも安定な濃厚O/Wエマルジョンが生成できた。しかし[YM-1]においては、低流量ではO/Wエマルジョンが生成されず、総流量が12 cm³/分以上となったときに始めて安定なエマルジョンが生成されることが確認できた。ちなみにこの値は[IMM]の約10倍に相当し、[YM-1]が[IMM]に比較して略10倍のエマルジョン生成能力を有することが確認できた。特に[IMM]におけるマイクロチャネルの幅が40 μ mであり、これに対して[YM-1]におけるマイクロチャネルの幅が400 μ mと、その10倍程度であることから、エマルジョンの生成能力が、専ら、マイクロチャネルの幅に起因する

チャンネル内の剪断速度が重要な因子となっていると認められた。

【 0 0 2 4 】

また各エマルジョンの滴径分布について調べてみたところ、図 6 に示すような結果が得られた。ちなみに等量混合による濃厚エマルジョンの滴径は $1 \sim 15 \mu\text{m}$ と幅広い分布を持ち、その平均径は [IMM] においては略 $4 \mu\text{m}$ 、また [YM-1] においては略 $7 \mu\text{m}$ であった。一方、低濃度 O/W エマルジョンの滴径分布を比較すると、[YM-1] , [IMM] 共にその滴径が $1 \mu\text{m}$ 程度であり、分布幅の小さなエマルジョンであることが確認できた。従って前述したエマルジョンの生成能力を勘案すれば、本発明に係る構造のマイクロ乳化器 [YM-1] によれば、界面活性剤を用いることなく微粒子製造等に有効に活用し得る可能性があることが判明した。

【 0 0 2 5 】

次に上述した構造を有するマイクロ乳化器の具体例について説明する。

図 7 はこの実施形態に係るマイクロ乳化器の概略構成を示す分解斜視図で、図中 1, 2 は上下一対のプレート体である。これらのプレート体 1, 2 は、例えば厚みが 5 mm 、一辺の長さが 50 mm 程度の平板矩形状の Al 材や SUS 等からなる。これらの各プレート体 1, 2 の四隅部には、貫通孔 1 a とねじ孔 2 a とがそれぞれ設けられており、上部プレート体 1 の各貫通孔 1 a を通して下部プレート体 2 のねじ孔 2 a に螺合する 4 本のボルト 3 により、後述する複数枚の流路モジュールをその間に挟んで結合一体化されるものとなっている。

【 0 0 2 6 】

しかして上部プレート体 1 の中央部には、その対角線方向に 3 つの貫通孔（図示せず）が設けられており、これらの各貫通孔には流体導入用のコネクタ 4 a , 4 b と、流体取出用のコネクタ（乳化器のアウトレット） 4 c とがそれぞれ装着されている。また下部プレート体 2 の中央部には、前記流体導入用のコネクタ 4 a , 4 b がそれぞれ装着された 2 つの貫通孔にそれぞれ対応して、図 8 (a) に示すように略三角形をなす所定深さの流体導入チャンネル（乳化器のインレット） 5 a , 5 b が形成されている。これらの流体導入チャンネル 5 a , 5 b は、後述する流路モジュールに配列される混合分配ユニットの並びに沿って設けられる所定厚

みの隔壁 5 c を介して区画されている。またこの下部プレート体 2 には、後述する複数枚の流路モジュールを位置合わせして積み重ねる上でのガイドピン（図示せず）を垂直に植設する為のピン孔 6 が設けられている。

【 0 0 2 7 】

さて上述したプレート体 1, 2 間に積層して挟み込まれる複数枚 (m 枚) の流路モジュール 7 ($7_1, 7_2, \sim 7_m$) は、例えば厚みが 0.8 mm、一辺の長さ 25 mm 程度の平板矩形状の Al 材からなる。これらの各流路モジュール 7 は、図 8 (b) に示すように前述した流体導入用のコネクタ 4 a, 4 b がそれぞれ装着された 2 つの貫通孔にそれぞれ対応する貫通孔 8 a, 8 b と、上述したガイドピンを挿通してその位置合わせに供せられる貫通孔 9 とをそれぞれ共通に備え、更に前記流体導入チャンネル 5 a, 5 b を区画する隔壁 5 c に沿って配列された複数の混合分配ユニット 1 0 を備える。

【 0 0 2 8 】

ちなみに上記混合分配ユニット 1 0 は、例えば図 9 にその概略構成を示すように、板状の流路モジュール 7 における上流面（下面）側に設けた 2 個のインレット 1 1 ($1 1 a, 1 1 b$) と、上記流路モジュール 7 における下流面（上面）側に設けた 2 個のアウトレット 1 2 ($1 2 a, 1 2 b$) とを備え、その上面側に穿いた深さ 0.4 mm の溝からなるチャンネル 1 3 を介して上記各インレット 1 1 a, 1 1 b とアウトレット 1 2 a, 1 2 b とを連結して、流路モジュール 7 の上下面間に流路を形成した構造をなす。

【 0 0 2 9 】

特にこの混合分配ユニット 1 0 においては、前記チャンネル 1 3 の中央に位置付けられて該チャンネル 1 3 の向きを定める島状の仕切部 1 4 が設けられている。そして前記 2 個のインレット 1 1 a, 1 1 b、および 2 個のアウトレット 1 2 a, 1 2 b を、上記仕切部 1 4 を挟んで互いに直交する方向にそれぞれ対称に設けた構造となっている。またこの混合分配ユニット 1 0 におけるインレット 1 1 a, 1 1 b の径、アウトレット 1 2 a, 1 2 b の径、そしてチャンネル 1 3 の幅とその深さは、例えば 0.4 mm として互いに等しく設定され、更に 2 個のインレット 1 1 a, 1 1 b は 0.4 mm の間隔を隔てて、また 2 個のアウトレット 1 2 a, 1 2

b は 1.2 mm の間隔を隔てて設けられている。

【 0 0 3 0 】

つまりインレット 1 1 a, 1 1 b とアウトレット 1 2 a, 1 2 b とを結ぶチャンネル 1 3 は、丸穴からなるインレット 1 1 a, 1 1 b およびアウトレット 1 2 a, 1 2 b の径を含んで、そのチャンネル幅、チャンネル深さ、分岐の幅等をそれぞれ 0.4 mm (400 μ m) として設定されている。このようなチャンネルの幅や深さを規定するマイクロチャンネルの代表長については、その目詰まりや圧損、更には混合効率を考慮した場合、100～500 μ m 程度に設定することが望ましい。

【 0 0 3 1 】

しかして前述した m 枚の流路モジュール 7 ($7_1, 7_2, \sim 7_m$) は、それぞれ上述した構造をなす複数の混合分配ユニット 10 を所定の周期で配列した構造を有する。そしてこれらの各流路モジュール 7 ($7_1, 7_2, \sim 7_m$) における混合分配ユニット 10 を隣接する流路モジュール 7 ($7_1, 7_2, \sim 7_m$) 間で順に連結して積み重ねられて、多層構造化された流路を形成する。

【 0 0 3 2 】

特に各流路モジュール 7 ($7_1, 7_2, \sim 7_m$) における 1 つの混合分配ユニット 10 は、その 2 個のアウトレット 1 2 a, 1 2 b を、隣接する下流側の流路モジュール 7 における 2 つの混合分配ユニット 10, 10 の各 1 個のインレット 1 1 a, 1 1 b にそれぞれ個別に連結されるようになっている。換言すれば各流路モジュール 7 ($7_1, 7_2, \sim 7_m$) における 1 つの混合分配ユニット 10 の、2 個のインレット 1 1 a, 1 1 b を、隣接する上流側の流路モジュール 7 における 2 つの混合分配ユニット 10, 10 の各 1 個のアウトレット 1 2 a, 1 2 b にそれぞれ個別に連結されている。

【 0 0 3 3 】

そして各流路モジュール 7 ($7_1, 7_2, \sim 7_m$) における 1 つの混合分配ユニット 10 は、その上流側の流路モジュール 7 における互いに異なる 2 つの混合分配ユニット 10 の各 1 個のアウトレット 1 2 a, 1 2 b からそれぞれ出力された流体を、その 2 個のインレット 1 1 a, 1 1 b からそれぞれ導入して混合し、その混合した流体を 2 個のアウトレット 1 2 a, 1 2 b から、その下流側の流路モジ

ルール 7 における互いに異なる 2 つの混合分配ユニット 1 0 の各 1 個のインレット 1 1 a , 1 1 b に対してそれぞれ分配して導出するようになっている。

【 0 0 3 4 】

具体的にはこの実施形態に係るマイクロ乳化器においては、 m 枚の流路モジュール 7 ($7_1, 7_2, \sim 7_m$) は、例えば図 1 0 に 7 段 (7 層) の流路を形成した例を示すように、その最下流に位置付けられる最上段の流路モジュール 7_1 は 1 個の混合分配ユニット 1 0 を備え、その上流側の流路モジュール $7_2, \sim 7_7$ となるに従って、混合分配ユニット 1 0 の数を順に 1 個ずつ増やし、最上流に位置付けられる最下段の流路流路モジュール 7_7 においては 7 個の混合分配ユニット 1 0 を備えたものとなっている。

【 0 0 3 5 】

またこの実施形態においては、混合分配ユニット 1 0 の特殊なものとして、図 9 に示した構造の混合分配ユニット 1 0 における 2 個のアウトレット 1 2 a , 1 2 b の一方と、該アウトレット 1 2 に連なるチャンネル 1 3 とを省略し、混合した流体の分配機能を省いた構造の混合ユニット 1 5 が、適宜、前記混合分配ユニット 1 0 に代えて用いられている。この混合ユニット 1 5 は、2 個のインレット 1 1 a , 1 1 b からそれぞれ導入して混合した流体を、後述するようにその下流側の流路流路モジュール $7_1, 7_2, \sim 7_6$ における 1 つの混合分配ユニット 1 0 (混合ユニット 1 5) に導出すれば十分な場合等に用いられる。

【 0 0 3 6 】

そしてこれらの混合分配ユニット 1 0 および／または混合ユニット 1 5 は、前記各流路モジュール 7 において、その下流側 (上段側) の 1 つの混合分配ユニット 1 0 (混合ユニット 1 5) における 2 個のインレット 1 1 a , 1 1 b の各位置に、互いに隣接する 2 つの混合分配ユニット 1 0 および／または混合ユニット 1 5 の各 1 個のアウトレット 1 2 a , 1 2 b がそれぞれ位置付けられるレイアウト (間隔) でそれぞれ配列されている。

【 0 0 3 7 】

換言すれば各流路モジュール 7 において互いに隣接する 2 つの混合分配ユニット 1 0 (混合ユニット 1 5) は、その一方の混合分配ユニット 1 0 (混合ユニッ

ト 1 5) におけるアウトレット 1 1 a が、その下流側（上段側）の 1 つの混合分配ユニット 1 0（混合ユニット 1 5）における一方のインレット 1 1 a の位置に位置付けられ、他方の混合分配ユニット 1 0（混合ユニット 1 5）におけるアウトレット 1 1 b が、その下流側（上段側）の上記混合分配ユニット 1 0（混合ユニット 1 5）における他方のインレット 1 1 b の位置に位置付けられるように配列されている。この結果、m 枚の流路モジュール 7（ $7_1, 7_2, \sim 7_m$ ）を前述したように位置合わせして積層するだけで、隣接する流路モジュール 7 間において上記混合分配ユニット 1 0 および／または混合ユニット 1 5 のインレット 1 1 a, 1 1 b とアウトレット 1 2 a, 1 2 b とが上述した関係を以て互いに連結されるようになっている。

【0038】

かくして上述したように前記混合分配ユニット 1 0 および／または混合ユニット 1 5 を所定個数ずつ所定の周期で配列した m 枚の流路モジュール 7（ $7_1, 7_2, \sim 7_m$ ）を積み重ねて構成されるマイクロ乳化器によれば、上記 m 枚の流路モジュール 7（ $7_1, 7_2, \sim 7_m$ ）にそれぞれ設けられた混合分配ユニット 1 0 および／または混合ユニット 1 5 のマイクロチャネル 1 3 がなす各段の流路断面積は、上段（下流）側となる程小さくなり、前述した流路構造を形成する。そして前述した如く下部プレート体 2 に設けられた 2 つの流体導入チャネル 5 a, 5 b に 2 種類の流体（液体）A, B を所定の圧力を以て導入すれば、図 1 0 に示すように一方の流体（液体）A は、最上流（最下段）の流路モジュール 7_m （ 7_7 ）における複数の混合分配ユニット 1 0（混合ユニット 1 5）のそれぞれに、その一方のインレット 1 1 a を介して導入される。また他方の流体（液体）B は、最上流（最下段）の流路モジュール 7_m （ 7_7 ）における複数の混合分配ユニット 1 0（混合ユニット 1 5）のそれぞれに、その他方のインレット 1 1 b を介して導入される。そしてこれらの流体（液体）A, B は、各混合分配ユニット 1 0（混合ユニット 1 5）におけるチャネル 1 3 にてそれぞれ混合され、2 個のアウトレット 1 2 a, 1 2 b を介してそれぞれ分配して出力される。

【0039】

すると次段の流路モジュール 7_6 においては、上記流路モジュール 7_7 の各混合

分配ユニット 1 0 (混合ユニット 1 5) におけるアウトレット 1 2 a 側から出力される流体 (液体) $[A + B / 2]$ を新たに混合すべき一方の流体 (液体) A 1 とし、その混合分配ユニット 1 0 (混合ユニット 1 5) における一方のインレット 1 1 a を介して導入し、また流路モジュール 7₇ の各混合分配ユニット 1 0 (混合ユニット 1 5) における他方のアウトレット 1 2 b 側から出力される流体 (液体) $[A + B / 2]$ を新たに混合すべき一方の流体 (液体) B 1 とし、その混合分配ユニット 1 0 (混合ユニット 1 5) における他方のインレット 1 1 b を介して導入する。そしてこれらの流体 (液体) A 1, B 1 を、チャンネル 1 3 にてそれぞれ混合し、2 個のアウトレット 1 2 a, 1 2 b を介してそれぞれ分配して出力する。

【0 0 4 0】

このような 2 系統の流体 (液体) の混合とその分配を、前記各流路モジュール 7 において順に繰り返し実行することで、前述した 2 種類の流体 (液体) A, B の細分化 (マイクロ分散) が進められ、最下流 (最上段) の流路モジュール 7₁ から前記 2 種類の液体 A, B を混合して両者を均一に分散させたマイクロ乳化液 (エマルジョン) が取り出されることになる。特にアウトレット側になる程、混合分配ユニット 1 0 の数を少なしてその実効流路断面積が狭くなるように設定されているので、前述した流体 (液体) A, B の混合が効率的に進められることになる。

【0 0 4 1】

従ってこの実施形態に係るマイクロ乳化器によれば、複数の混合分配ユニット 1 0 (混合ユニット 1 5) を設けた平板状の複数の流路モジュール 7 (7₁, 7₂, ~ 7_m) を積み重ねただけの簡単な構造で、2 種類の液体 A, B を高品質に混合した粒径の揃ったエマルジョンを逸早く、特に量産性良く効果的に形成することができる。しかも上記流路モジュール 7 (7₁, 7₂, ~ 7_m) については、A1 板や SUS 板等を用いて簡易に製作することができ、混合分配ユニット 1 0 (混合ユニット 1 5) の形成 (加工) 自体も容易なので、その製作コストが安価である。更には複数の流路モジュール 7 (7₁, 7₂, ~ 7_m) 間のアライメント精度についても容易に高めることができ、その組み立て自体も簡単なので、この点でもその製

作コストの低廉化を図り得る等の利点がある。

【 0 0 4 2 】

また前述した混合分配ユニット 1 0（混合ユニット 1 5）におけるインレット 1 1 a, 1 1 b の径、アウトレット 1 2 a, 1 2 b の径、そしてチャンネル 1 3 の幅が互いにほぼ等しく設定されているので、混合液による目詰まりが生じ難い。しかも混合分配ユニット 1 0（混合ユニット 1 5）における 2 個のインレット 1 1 a, 1 1 b、およびアウトレット 1 2 a, 1 2 b が互いに直交する方向にそれぞれ対称に設けられているので、流体（液体）の流れ（層流）に対する対称性を良好に確保して流体の不均一化を効果的に防止することができ、更にはそのスループットを十分に高めることができる。従ってそのミキシング性能（ミキシング効率）を十分に高め、異種の液体を均質に混合した品質の高いエマルジョンを容易に生成し得る等の実用上多大なる効果が奏せられる。

【 0 0 4 3 】

尚、前述した混合分配ユニット 1 0 については、例えば図 1 1 (a) ~ (c) にそれぞれ示す構造のものとして実現することも可能である。図 1 1 (a) に例示する混合分配ユニット 1 0 は、2 個のアウトレット 1 2 a, 1 2 b 間の幅を広くしたものであり、また図 1 1 (b) に例示する混合分配ユニット 1 0 は、チャンネル 1 3 の向きを定める島状の仕切部 1 4 を省略し、2 個のアウトレット 1 2 a, 1 2 b 間の幅を狭くしたものである。そして図 1 1 (c) に示す混合分配ユニット 1 0 は、2 個のインレット 1 1 a, 1 1 b、および 2 個のアウトレット 1 2 a, 1 2 b をチャンネル 1 3 の向きを定める島状の仕切部 1 4 を中心として点対称に平行四辺形状に配置したものである。

【 0 0 4 4 】

このような各構造の混合分配ユニット 1 0 であっても、隣接する 2 つの混合分配ユニット 1 0 におけるアウトレット 1 2 a, 1 2 b が、各混合分配ユニット 1 0 における 2 個のインレット 1 1 a, 1 1 b 間の間隔と等しくなるように配列すれば、複数の流路モジュール 7（ $7_1, 7_2, \sim 7_m$ ）間において、そのインレット 1 1 a, 1 1 b とアウトレット 1 2 a, 1 2 b の位置をそれぞれ正確に合わせる事が可能となるので、先の実施形態と同様な効果が奏せられる。

【 0 0 4 5 】

また図 1 2 は簡易型のマイクロ乳化器を示している。この簡易型のマイクロ乳化器は、図 1 2 (a) に示すように 2 枚の平板 2 1 , 2 2 を接合一体化した外觀形状を有し、その接合面間に 1 0 0 ~ 5 0 0 μ m のチャネル幅を有する複数のマイクロチャネル 2 3 を多段に形成した構造を有する。特に前記 2 枚の平板 2 1 , 2 2 には、図 1 2 (b) に矢視 X-X の横断面を、また図 1 2 (c) に矢視 Y-Y の縦断面をそれぞれ示すように、前記マイクロチャネル 2 3 に流体を導入する為の流体導入孔部 2 1 a , 2 2 a と、マイクロチャネル 2 3 を介して混合されたエマルジョンを取り出すための流体排出孔部 2 1 b とがそれぞれ設けられている。

【 0 0 4 6 】

また 2 枚の平板 2 1 , 2 2 の接合面間に設けられるマイクロチャネル 2 3 は、各平板 2 1 , 2 2 の接合面に溝加工して形成されるもので、前記流体導入孔部 2 1 a , 2 2 a にそれぞれ連なって交互に直線状に配置される複数のインレット 2 4 (2 4 a , 2 4 b) と、前記流体排出孔部 2 1 b に連なるアウトレット 2 5 とを結ぶ流路を形成する。これらのマイクロチャネル 2 3 は、図 1 2 (d) に示すようにインレット 2 4 側からアウトレット 2 5 側に向けてその数を 1 個ずつ減らしながら順に多段に連結することで、その流路断面積をピラミッド状に絞り込んだ流路を形成した構造をなす。

【 0 0 4 7 】

かくして上述した流路構造のマイクロチャネル 2 3 を有するマイクロ乳化器によれば、各マイクロチャネル 2 3 が有する混合エレメントとしての機能により複数のインレット 2 4 (2 4 a , 2 4 b) からそれぞれ導入された流体 (油と水) が隣接するマイクロチャネル 2 3 間で順に混合されて行く。この際、マイクロチャネル 2 3 がなす流路の断面積が前述したようにアウトレット 2 5 側に近付くに従って狭くなっている所以その流速が次第に高くなり、前述したように流体の混合が効率的に進められることになる。これ故、図 1 2 に示すような流路構造を備えた簡易型のマイクロ乳化器においても、実用的には十分なるエマルジョン作成効果が得られる。更には上述した構造であれば、平板 2 1 , 2 2 の一面にマイクロチャネル 2 3 を形成する為の溝を機械加工し、更に流体導入孔部 2 1 a , 2 2

a 等を穴開け加工するだけで良いので量産性に富み、しかもその製作コストが安価である等の利点もある。

【0048】

尚、本発明は上述した実施形態に限定されるものではない。即ち、実施形態においては2種類の流体（液体）を混合するマイクロ乳化器を例に説明したが、3種類以上の流体（液体）を混合するようにマイクロ乳化器を構成することも可能である。またチャンネル幅等を規定する代表値については、流体に対する圧損や目詰まりの限界を考慮して100 μ m以上にすることが好ましく、また乳化（混合）の効率からすれば500 μ m以下に設定することが好ましい。その他、本発明はその要旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができる。

【0049】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、粒径の揃った高品質なエマルジョンを量産性良く生成することができ、特に油と水等の不混和流体を等量混合するに好適なマイクロ乳化器と乳化方法とを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明に係るマイクロ乳化器の基本構造を示す概略構成図。

【図2】

スタティックミキサを用いて構成されるマイクロチャンネルの構成例を示す図。

【図3】

流体を二次元的に混合するマイクロチャンネルの構成例を示す図。

【図4】

流体を二次元的に混合するスリット状のマイクロチャンネルの構成例を示す図。

【図5】

試作したマイクロ乳化器およびIMM社のマイクロミキサをそれぞれ用いて生成されるエマルジョンの顕微鏡写真を対比して示す図。

【図6】

各エマルジョンの滴径分布を示す図。

【図 7】

本発明の一実施形態に係るマイクロ乳化器の概略構造を示す分解斜視図。

【図 8】

図 1 に示すマイクロ乳化器に組み込まれる下部プレート板に設けられる流体導入チャンネルの構造と、複数の流路モジュールの概略的な構造を示す図。

【図 9】

流路モジュールに組み込まれる混合分配ユニットの概略的な構造を示す部分斜視図。

【図 1 0】

複数の流路モジュールにそれぞれ組み込まれる混合分配ユニット間のインレットとアウトレットとの結合構造と、これらの混合分配ユニットによる流体の混合分配作用を説明するための図。

【図 1 1】

流路モジュールに組み込まれる混合分配ユニットの別の構成例を示す図。

【図 1 2】

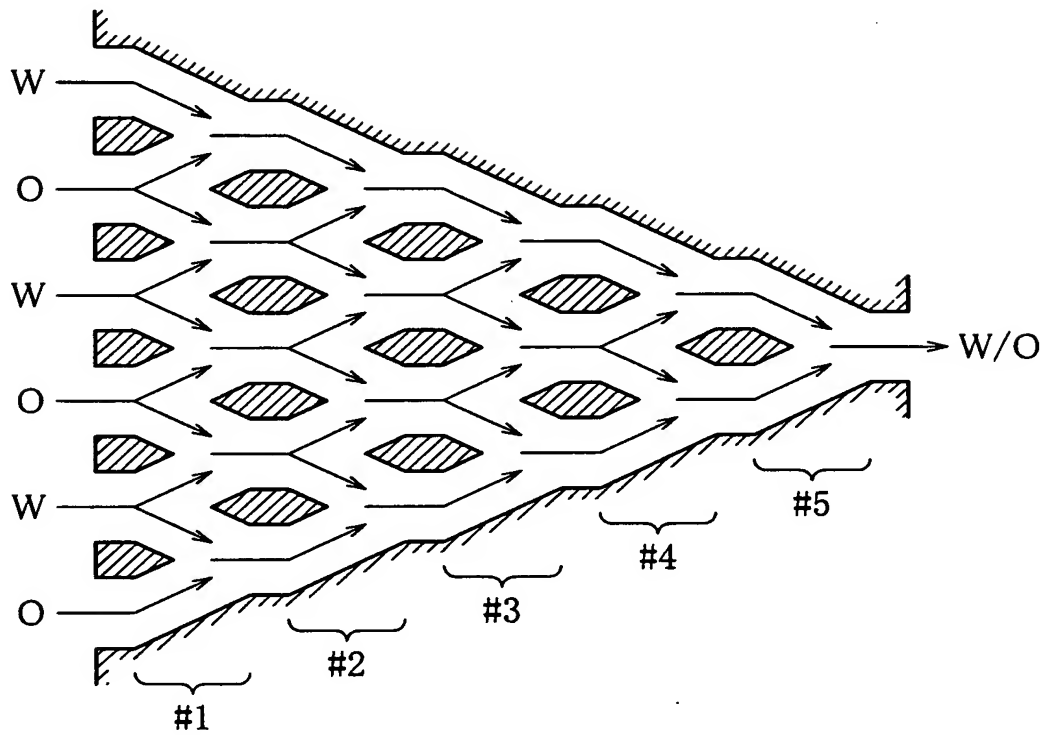
本発明の一実施形態に係るマイクロ乳化器の概略構造を示す図。

【符号の説明】

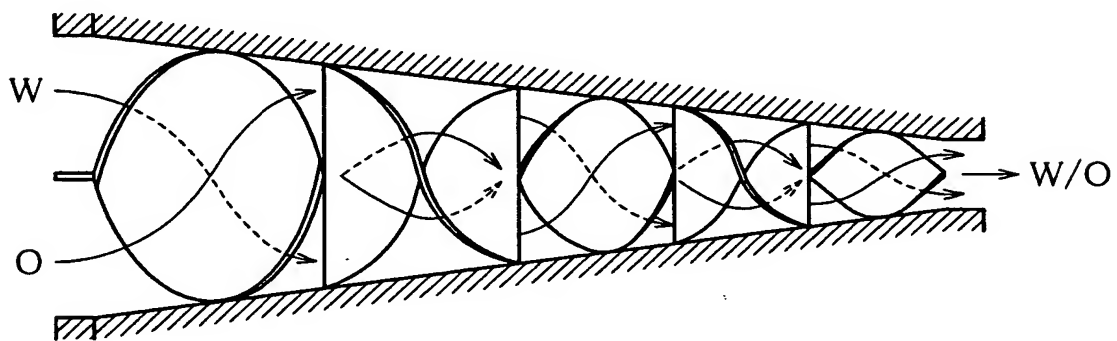
- 4 c コネクタ（アウトレット）
- 5 a, 5 b 流体導入チャンネル（インレット）
- 7, 7₁, 7₂, ~ 7_m 流路モジュール
- 1 0 混合分配ユニット
- 1 1 a, 1 1 b, 1 1 c マイクロチャンネルのインレット
- 1 2 a, 1 2 b, 1 2 c マイクロチャンネルのアウトレット
- 1 3 チャンネル
- 1 4 仕切部
- 2 1, 2 2 平板
- 2 3 マイクロチャンネル
- 2 4 a, 2 4 b インレット
- 2 5 アウトレット

【書類名】 図面

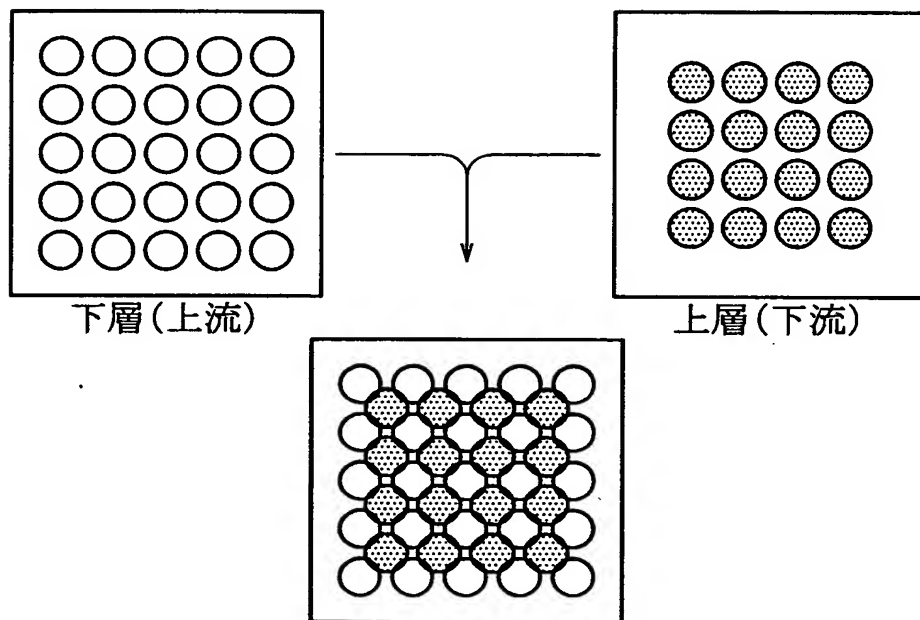
【図 1】



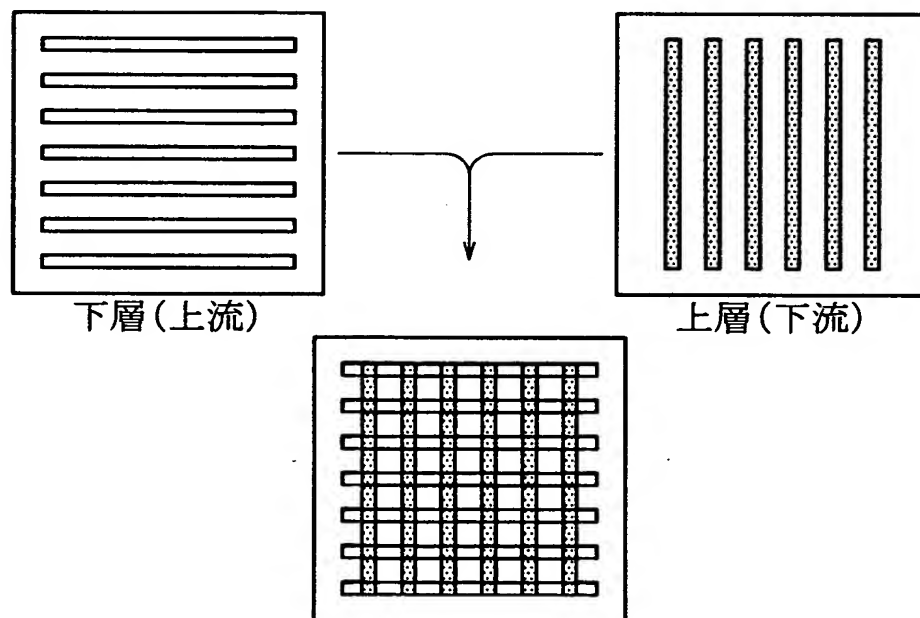
【図 2】



【図 3】

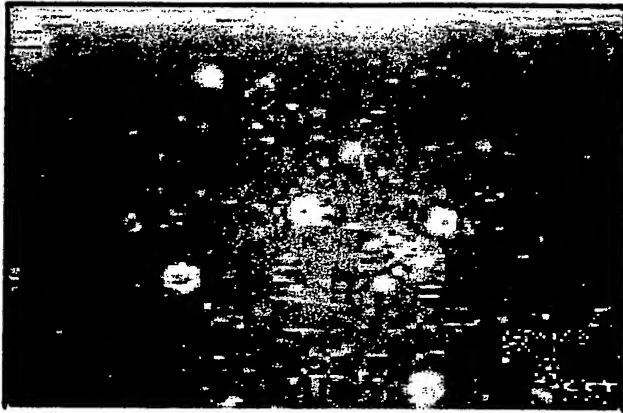


【図 4】



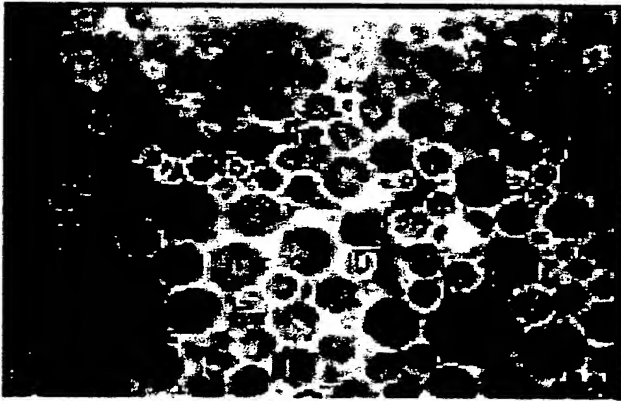
【図 5】

(a)



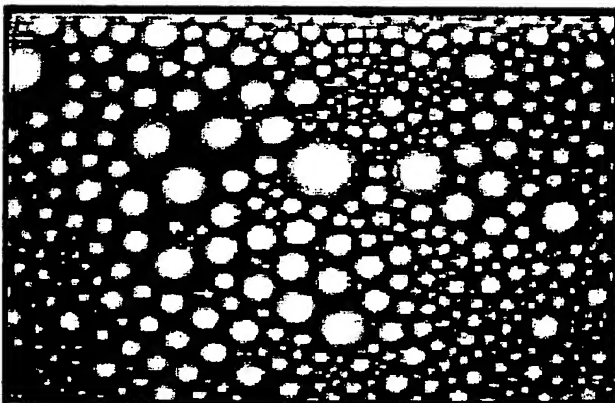
YM-1(O/W=3/20)

(b)



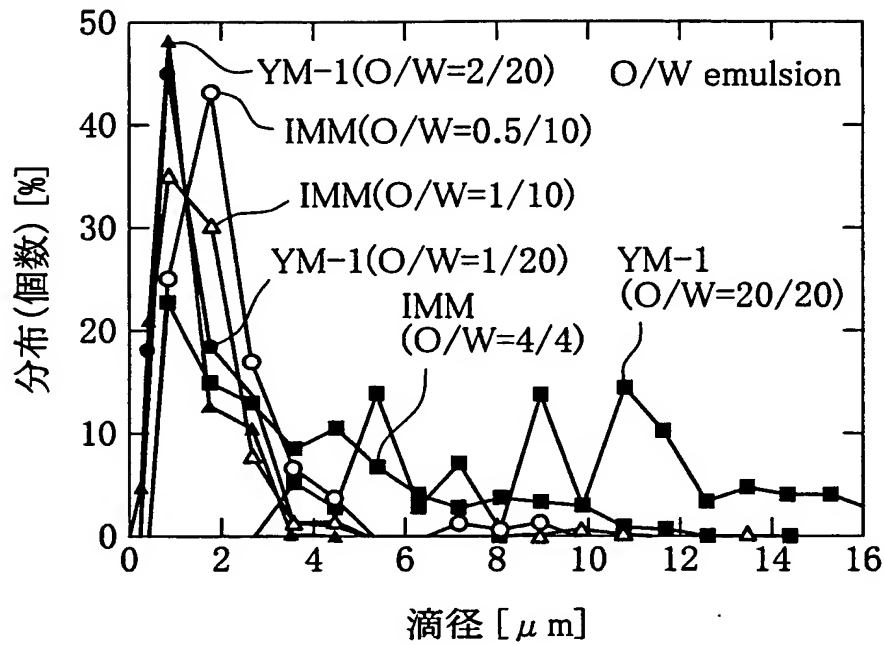
YM-1(O/W=20/20)

(c)

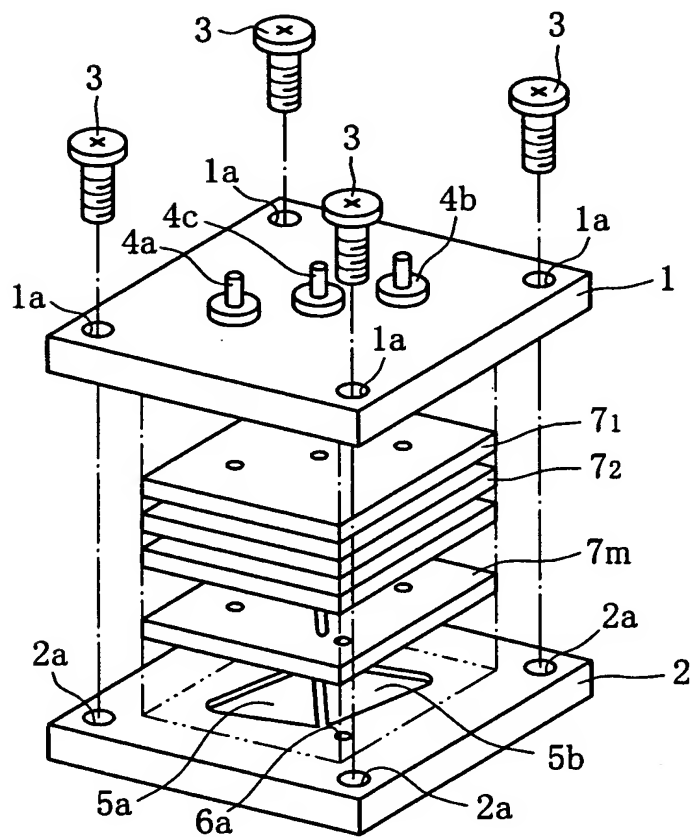


IMM(O/W=6/6)

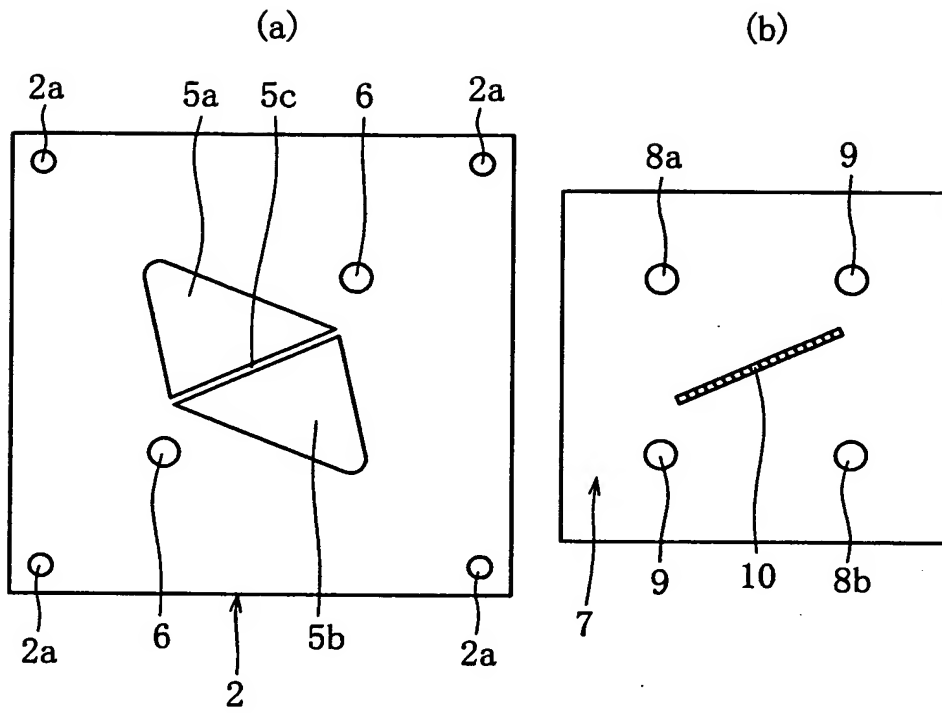
【図 6】



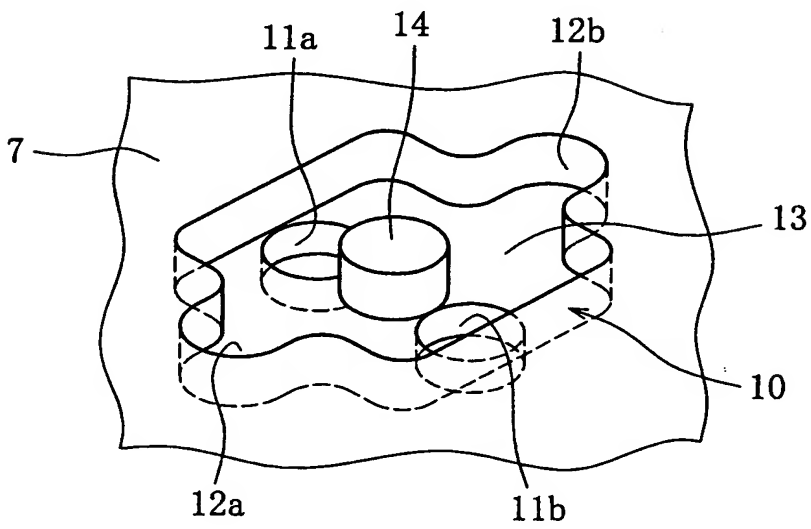
【図 7】



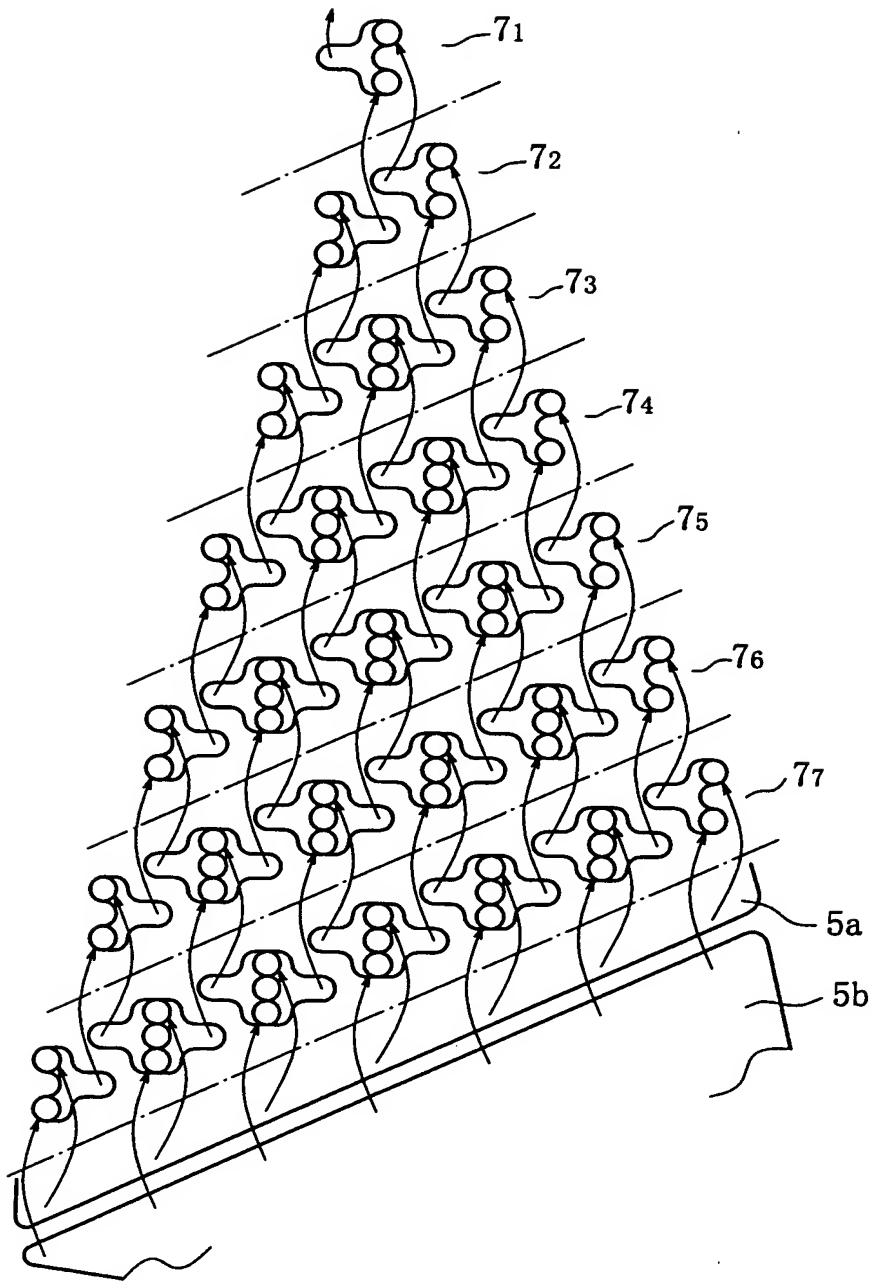
【図 8】



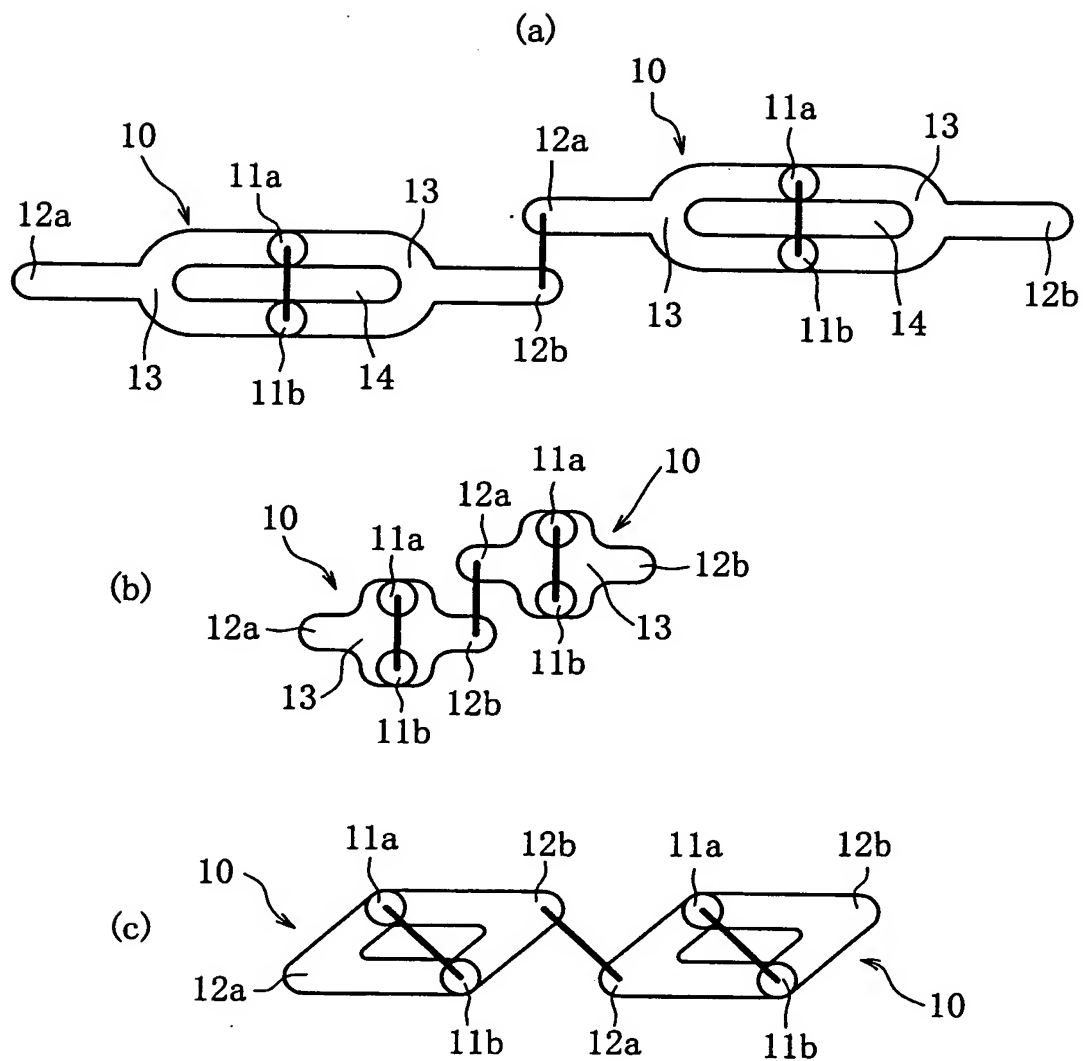
【図 9】



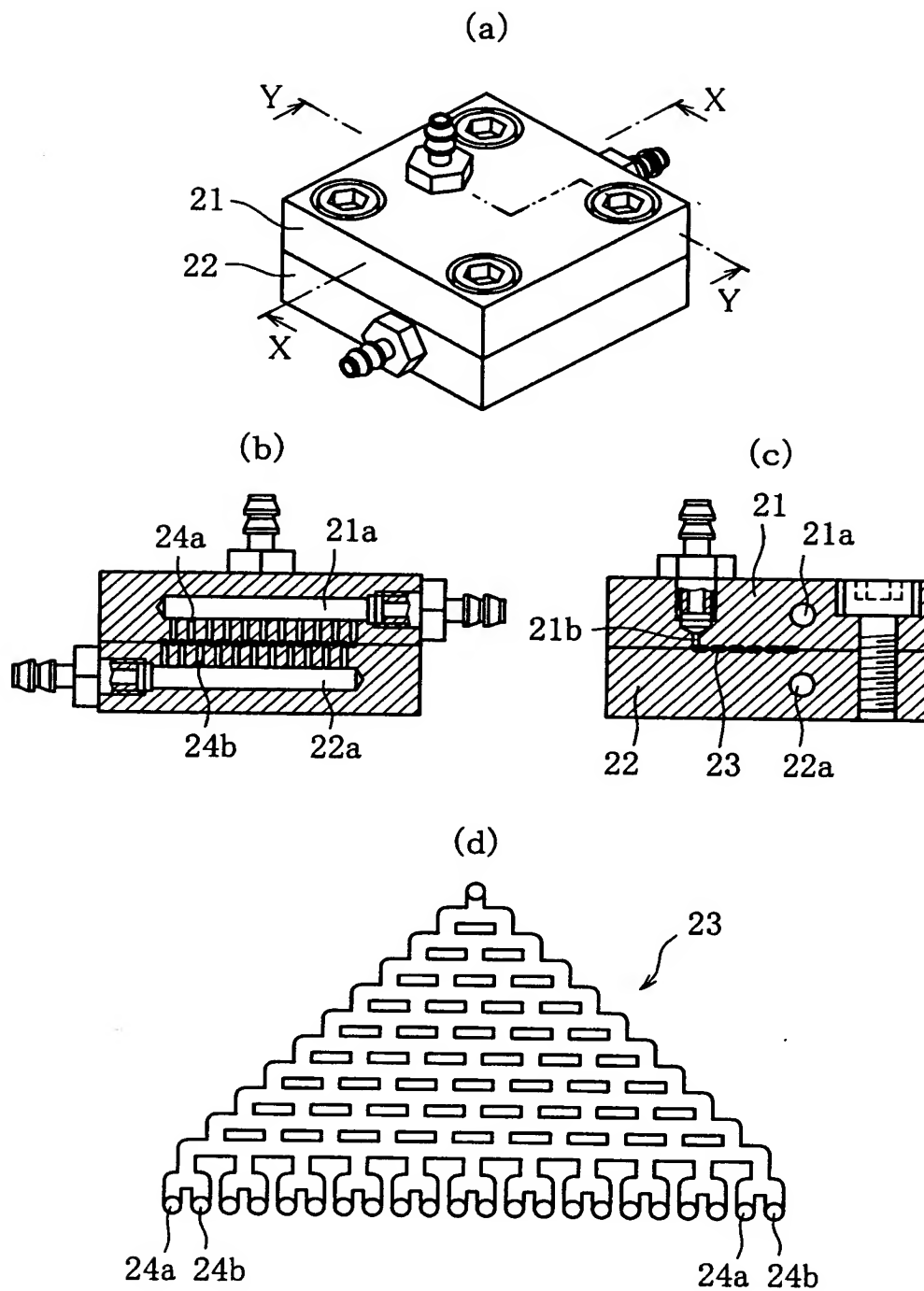
【図 1 0】



【図 1 1】



【図 1 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 粒径の揃った高品質なエマルジョンを量産性良く生成するに好適なマイクロ乳化器および乳化方法を提供する。

【解決手段】 複数のインレットおよび1つのアウトレット、これらのインレットとアウトレットとの間に多段に設けられて前記各インレットからそれぞれ導入された流体を順次混合して前記アウトレットに導く複数のチャンネルを具備し、特に上記各マイクロチャンネルがそれぞれ形成する各段の流路の実効流路断面積が前記インレット側からアウトレット側に向けて順次狭くなるようにし、アウトレット側となるほど剪断速度とその分散効果が高くなるようにする。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006666]

1. 変更年月日 1998年 7月 1日
[変更理由] 名称変更
住 所 東京都渋谷区渋谷2丁目12番19号
氏 名 株式会社山武